

PROPOSAL SKRIPSI

**PENGENDALIAN KECEPATAN PUTARAN GAS ENGINE PADA  
UAV RC AIRPLANE MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY**

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



**DISUSUN OLEH :**

**REZA ADIN FIRMANSYAH**

**NIM. 105060301111007**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**MALANG**

**2014**

## I. JUDUL

PENGENDALIAN KECEPATAN PUTARAN *GAS ENGINE* PADA UAV *RC AIRPLANE* MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

## II. LATAR BELAKANG

Pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle* atau disingkat UAV), adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik peralatan maupun muatan lainnya. Penggunaan UAV biasanya digunakan sebagai penyalur hobi aeromodeling atau untuk mengobservasi lapangan dimana medan yang diobservasi tidak memungkinkan manusia untuk melakukannya, seperti penjelajahan gunung atau laut, pengeboran minyak, pengeksplorasian hasil tambang dan mineral.

Salah satu jenis UAV yang banyak digunakan adalah *RC Airplane*. Pada umumnya, *RC Airplane* menggunakan motor DC sebagai pendorong utama dalam melakukan *thrust*. Tetapi *RC Airplane* dengan penggerak utama motor DC juga memiliki kendala seperti torsi, putaran rpm yang dihasilkan, dan konsumsi baterai yang hanya bertahan sebentar. Sehingga dalam hal ini daya jelajah dan ketahanan tidak dapat berlangsung secara maksimal dan perlu adanya suatu inovasi agar alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Alternatif yang memungkinkan adalah dengan merubah salah satu bagian agar dapat bekerja secara maksimal. Perubahan yang dimaksud adalah penggantian motor DC dengan *gas engine* sebagai pendorong utama. Namun permasalahannya, *gas engine* merupakan sebuah motor yang bersifat mekanik, maka untuk mempermudah dalam kinerjanya perlu mensinkronisasikannya secara elektrik. Dalam hal ini diperlukan sebuah penelitian mengenai sistem pengendalian yang dapat mengatur kinerja dari *gas engine* tersebut, serta kedepannya dapat dikembangkan pada UAV lainnya seperti *tricopter*, *quadcopter*, dan *multicopter* yang lebih bertenaga dan berdaya jelajah tinggi dengan menggunakan *Gas Engine*

Faktor penting dalam kinerja *gas engine* antara lain adalah pengaturan *throttle*, yaitu bagian yang mengatur jumlah masukan udara dan bahan bakar yang nantinya diproses didalam mesin dan kemudian akan memberikan hasil keluaran yaitu putaran *gas engine*. Karena penelitian ini hanya terfokus pada pengendalian kecepatan putaran *gas engine* saja dan tidak diterbangkan, maka nantinya dapat diuji dengan cara membuat terowongan angin/ *windtunnel* yang dapat dibuka-tutup dengan tujuan melihat

kecepatan putaran *gas engine* saat terjadi perubahan aliran udara yang melewati *propeller*.

Kemudian kecepatan putaran yang dihasilkan *gas engine* tadi dapat dideteksi melalui sensor *hall effect* yang mana akan mempengaruhi aktuatur *throttle* dan juga kecepatan putaran *gas engine*. Digunakannya Kontrol Logika Fuzzy untuk mengurangi *error* putaran pada *gas engine*, sehingga putaran *gas engine* dapat sesuai dengan kecepatan yang diinginkan secara optimal.

### III. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengendalian kecepatan putaran *gas engine* pada *RC Airplane* menggunakan Kontrol Logika Fuzzy?
2. Bagaimana merancang *hardware* dan *software* sistem pengendalian kecepatan putaran *gas engine* pada *RC Airplane* menggunakan Kontrol Logika Fuzzy?

### IV. BATASAN MASALAH

1. Pemodelan pengendalian kecepatan putaran *gas engine* pada *RC Airplane* yang dibuat merupakan sebuah *prototype* terowongan angin.
2. Pembahasan ditekankan pada penggunaan Kontrol Logika Fuzzy pada sistem pengontrolan
3. Pengendalian kecepatan putaran dilakukan melalui pengaturan *throttle* yang dikendalikan oleh motor *servo* dengan rpm maksimal 10000 rpm.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor *hall effect*
5. Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem
6. Gangguan diberikan melalui perubahan aliran udara pada terowongan angin/ *windtunnel*.
7. Kinerja driver dan rangkaian elektrik tidak dibahas mendalam

### V. TUJUAN

Merancang sebuah sistem pengendalian kecepatan putaran *gas engine* sebagai penggerak *RC Airplane* dengan menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

### VI. TINJAUAN PUSTAKA

#### 6.1 *Gas Engine*

*Gas engine* atau mesin pembakaran dalam, adalah sebuah mesin di mana bahan bakarnya dibakar langsung di dalam silinder. Setiap mesin pembakaran dalam adalah

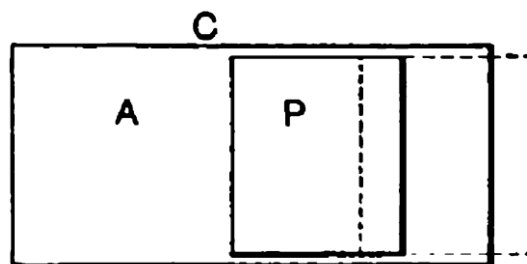
mesin bensin, tidak peduli apakah bahan bakar yang digunakan adalah gas atau cairan, karena dalam proses pembakarannya, bahan bakar cair awalnya akan diubah menjadi gas.

Klasifikasi umum dari *gas engine* adalah sebagai berikut:

1. Menurut bahan bakar: *gas engine* yang bekerja dengan menggunakan bahan bakar dalam bentuk gas, oli mesin, dan bahan bakar minyak yang lebih berat daripada bensin seperti minyak tanah, minyak bakar, minyak mentah, bensin, alkohol.
2. Menurut RPM ( Revolution per Minute ): Kecepatan tinggi misalnya, mesin mobil berjalan pada 1.200 RPM dan kecepatan lambat, mesin stasioner berjalan pada 100 RPM. Tetapi, kecepatan kaki piston per menitnya kemungkinan akan sama antara keduanya.
3. Menurut tak dalam siklus kerja: yaitu siklus 2 tak dan siklus 4 tak.

### 6.1.1 Prinsip Kerja Umum

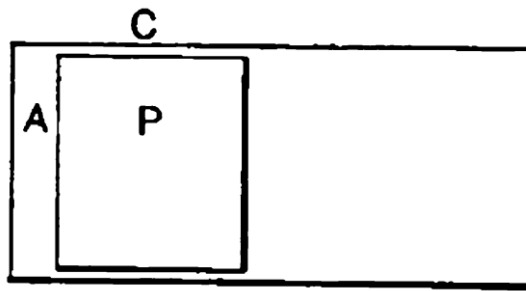
Pada gambar 6.1 terdapat silinder (C), piston (P) yang mudah dapat mendorong bolak-balik, tapi sangat erat dengan silinder sehingga udara tidak bisa bocor. Ruangan (A) diisi dengan campuran udara dan uap dari beberapa bahan bakar cair, seperti bensin. Campuran ini terdapat pada tekanan udara dan saat dinyalakan akan menghasilkan pembakaran yang mana akan meningkatkan suhu, dan akibatnya tekanan di A menyebabkan campuran untuk mengembang dan mendorong piston keluar ke posisi yang ditunjukkan oleh garis putus-putus, atau sampai tekanan turun kembali ke kondisi normal.



**Gambar 6.1.1** Blok Penampang Gas Engine dengan Memantik Api

Sumber: Mehrtens A. B. C., 1879: 1-2

Jika campuran udara dan bahan bakar awalnya dikompresi dengan menggerakkan piston dalam, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.2 dan kemudian menyala, piston akan didorong keluar dengan kekuatan yang jauh lebih besar dari sebelumnya dan bekerja lebih cepat lagi sesuai dengan banyaknya bahan bakar yang dikeluarkan. Saat ini, semua *gas engine* bekerja pada prinsip kompresi.



**Gambar 6.1.2** Blok Penampung Gas Engine dengan Menggerakan Piston

Sumber: Mehrtens A. B. C., 1979: 2-3

### 6.1.2 *Gas Engine 2-tak displacement 9cc*

*Gas Engine* merupakan motor yang menghasilkan putaran melalui proses pembakaran dalam, yaitu pencampuran antara bahan bakar cair (oktan 90) dengan udara. Pada dasarnya putarannya dikendalikan dengan mengatur buka-tutup katup melalui *throttle*-nya. Spesifikasi yang dipilih berdasarkan kebutuhan standar untuk *aeromodeling*, mesin dengan tipe 2 tak, kapasitas *displacement* 9cc ini memiliki kekuatan maksimal 0,8 HP/ 15.000 RPM. Pada motor ini sensor *hall effect* sudah terpasang menjadi satu.



**Gambar 6.1.3** *Gas Engine 2-tak dengan displacement 9cc.*

## 6.2 Kontroler

Dengan adanya kontroler dalam sebuah sistem kontrol sangat berperan penting terhadap seluruh perilaku yang terjadi pada sistem. Pada dasarnya semua itu disebabkan oleh komponen yang digunakan sebagai perancangan system tersebut. Artinya, karakteristik plant yang digunakan harus dapat diterima sebagaimana adanya, sehingga

segala pergerakan dari sistem hanya dapat dilakukan dengan menambahkan subsistem yaitu kontroler.

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran plant dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, K., 1997).

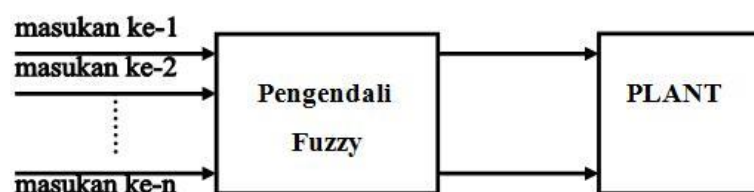
Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *Crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L.A. Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (*fuzzy Set*). Himpunan *fuzzy* di dasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu nilai dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain nilai kebenaran suatu hal tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya.

Sejak tahun 1982 pengendalian berbasis logika *fuzzy* mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*) dan kompleks (Sivanandam, 2006).

### 6.2.1 Struktur Dasar Kontrol Logika *Fuzzy*

Dalam sistem pengendalian dengan logika *fuzzy* dilibatkan suatu blok pengendali yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpankan satu atau lebih keluaran ke plant atau blok lain sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 6.5.1.



Gambar 6.2.1 Pengendali *Fuzzy*

Sumber : Coughanowr, 1991

Komponen utama penyusun kontrol logika *fuzzy* adalah unit fuzzifikasi, *fuzzy inference*, dan unit defuzzifikasi. Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis (Yan, 1994).

### 6.2.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menotasikan nilai kebenaran anggota-anggota himpunan *fuzzy*. Interval nilai yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, yaitu nol dan satu. Tiap fungsi keanggotaan memetakan elemen himpunan *crisp* ke semesta himpunan *fuzzy*.

Suatu himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan,  $\mu_A$  yang harganya berada dalam interval [0,1]. Secara matematika hal ini dinyatakan dengan :

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$$

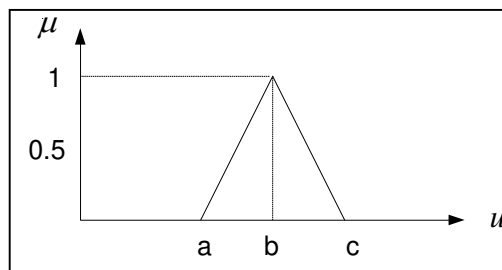
(Kuswadi, 2000)

➤ Fungsi keanggotaan bentuk Triangular

Definisi fungsi triangular sebagai berikut:

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2.1)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Triangular ditunjukkan dalam Gambar 6.2.2



**Gambar 6.2.2** Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular

Sumber : Yan, 1994

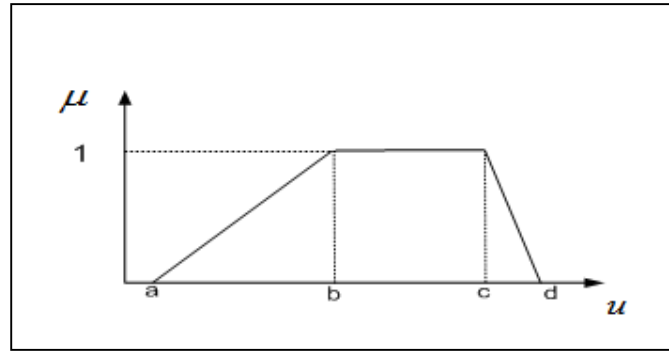
Fungsi keanggotaan bentuk triangular ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai proporsional terhadap nol maupun satu.

➤ Fungsi keanggotaan bentuk Trapezium

Definisi fungsi trapesium sebagai berikut :

$$T(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ \frac{d-u}{d-c} & c \leq u \leq d \\ 0 & d \leq u \end{cases} \quad (2.2)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Trapesium ditunjukkan pada Gambar 6.5.3



**Gambar 6.2.3** Fungsi Keanggotaan Bentuk Trapesium  
Sumber : Yan, 1994

### 6.2.3 Kontroler Logika Fuzzy

Kontroler logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel input ke variabel output dengan pernyataan *If - Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses *defuzzifikasi*.

#### 6.2.3.1 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun, maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula.



Proses ini disebut fuzzifikasi (Yan,1994). Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0)$$

dengan:

$x_0$  = nilai *crisp* variabel masukan

$x$  = himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

*fuzzifier* = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan :

1. Himpunan *fuzzy* dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan *fuzzy* dengan jumlah ganjil, berkaitan erat dengan jumlah kaidah (*rules*).
3. Mengatur himpunan *fuzzy* agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapesium.

#### 6.2.3.2 Kaidah Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rule*)

*Fuzzy rule* adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang dikarakteristikan oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang operator ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat.

Dalam pengendali berbasis *fuzzy*, aturan pengendalian *fuzzy* berbentuk aturan “IF – THEN”. Untuk sebuah sistem *Multi Input Single Output* (MISO) basis aturan pengendalian *fuzzy* berbentuk seperti berikut ini,

Rule 1 IF X is  $A_1$  AND Y is  $B_1$  THEN Z is  $C_1$

Rule 2 IF X is  $A_2$  AND Y is  $B_2$  THEN Z is  $C$

Rule n IF X is  $A_n$  AND Y is  $B_n$  THEN Z is  $C_n$

Dengan X, Y, Z merupakan variabel linguistik, dimana X dan Y merupakan variabel masukan, dan Z merupakan variabel keluaran sistem.  $A_n$ ,  $B_n$ , dan  $C_n$  merupakan nilai linguistik dari X, Y, dan Z (Lee, 1990).

#### 6.2.3.3 Metode Inferensi MAX-MIN

Metode inferensi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan. Keputusan yang didapatkan pada proses ini masih dalam bentuk *fuzzy* yaitu derajat keanggotaan keluaran.

Pada metode Max–Min aturan operasi minimum Mamdani digunakan untuk implikasi *fuzzy*. Persamaan aturan minimum adalah

$$\mu_{C'} = \bigcup_1^n \alpha_i \wedge \mu_{Ci} \quad (2.3)$$

dengan  $\alpha_i = \mu_{Ai}(x_0) \wedge \mu_{Bi}(y_0)$

Sebagai contoh , terdapat dua basis kaidah atur *fuzzy*, yaitu :

R<sub>1</sub> : Jika x adalah A<sub>1</sub> dan y adalah B<sub>1</sub> maka z adalah C<sub>1</sub>

R<sub>2</sub> : Jika x adalah A<sub>2</sub> dan y adalah B<sub>2</sub> maka z adalah C<sub>2</sub>

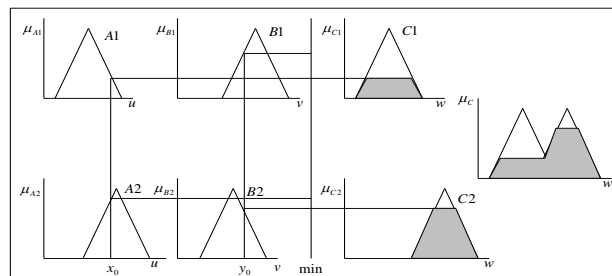
Pada metode penalaran MAX-MIN fungsi keanggotaan konsekuen dinyatakan dengan

$$\mu_{C_1'}(W) = \mu_{c_1'} \vee \mu_{c_2'} = [\alpha_1 \wedge \mu_{c_1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{c_2}(w)] \quad (2.4)$$

$$\text{dimana } \alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2.5)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2.6)$$

Lebih jelas metode ini dideskripsikan dalam Gambar 6.5.4



**Gambar 6.2.4** Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-MIN

Sumber : Yan, 1994

#### 6.2.3.4 Metode Defuzzifikasi *Center Of Gravity (COG)*

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai numerik dari data *fuzzy* yang dihasilkan dari proses inferensi (Yan, 1994). Proses defuzzifikasi dinyatakan sebagai berikut :

$$y_0 = \text{defuzzifier}(y) \quad (2.7)$$

dengan:

y : aksi kontrol *fuzzy*

y<sub>0</sub> : aksi kontrol *crisp*

*defuzzifier* : operator defuzzifikasi

Metode (*Center Of Gravity*)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.8)$$

dengan:

U = Keluaran

$w_i$  = Bobot nilai benar  $w_i$

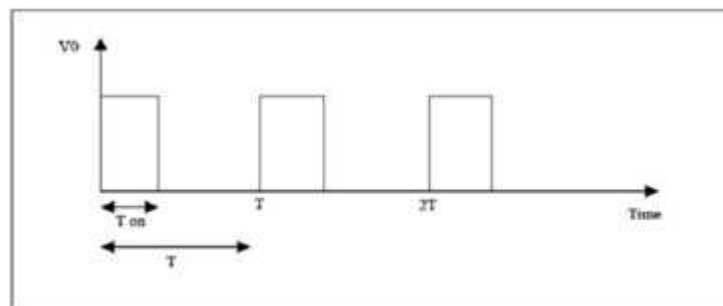
$u_i$  = Nilai linguistik pada fungsi keanggotaan keluaran

n = Banyak derajat keanggotaan

### 6.3 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor DC. Dimana kecepatan motor DC tergantung pada besarnya *duty cycle* yang diberikan pada motor DC tersebut.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0%-100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum dapat dilihat dalam Gambar 6.13 berikut:



**Gambar 6.3.1** Gambar Sinyal PWM Secara Umum  
Sumber: electronics-scheme.com

$$Dutycycle = \frac{T_{on}}{T} \times 100\% \dots (\%) \dots \dots \dots (6-13)$$

Dengan:

$T_{on}$  = Periode logika tinggi

T = Periode keseluruhan

$$V_{dc} = Dutycycle \times V_{cc} \dots (V) \dots \dots \dots (6-14)$$

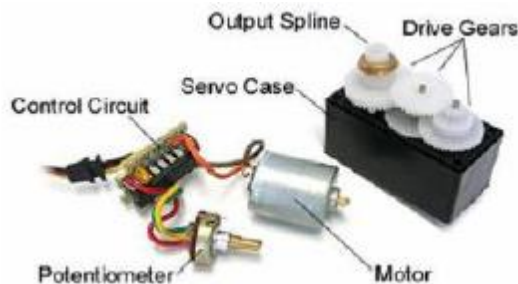
Sedangkan frekuensi sinyal dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$f_{0n} = \frac{f_{clk\ I/O}}{N.256} \dots (Hz) \dots\dots\dots(6-15)$$

#### 6.4 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Seperti yang kita tahu bahwa servo terdiri dari rangkaian pengontrol, gear, potensiometer dan DC motor. Potensiometer terhubung dengan gear demikian pula DC motor. Ketika DC motor diberi signal oleh rangkaian pengontrol maka dia akan bergerak demikian pula potensiometer dan otomatis akan mengubah resistansinya. Rangkaian pengontrol akan mengamati perubahan resistansi dan ketika resistansi mencapai nilai yang diinginkan maka motor akan berhenti pada posisi yang diinginkan.



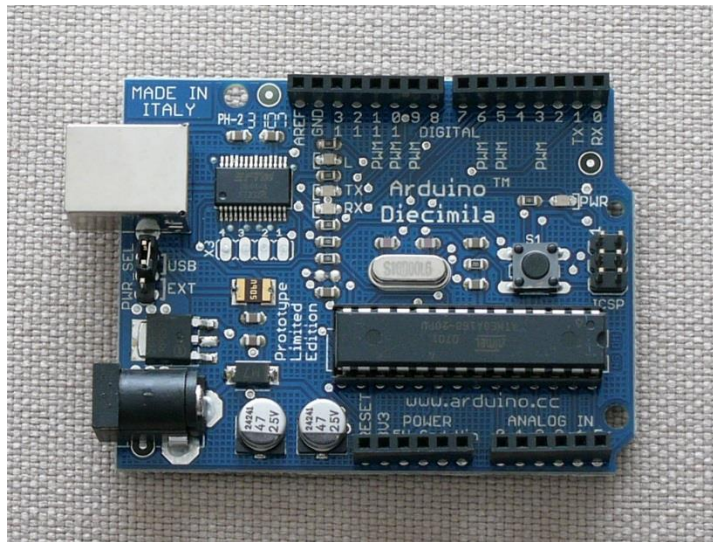
**Gambar 6.4.1** Bentuk Motor Servo

Sumber: Am R., 2011

#### 6.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.



**Gambar 6.5.1** Arduino

Sumber: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino.

### **6.5..1 Daya**

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

### **6.5.2 Memori**

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM

### **6.5.3 Input dan Output**

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, dan *digitalRead ()*, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum

40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (secara default terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. *Serial*: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
- b. *Eksternal menyela*: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. *PWM*: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite* ().
- c. *SPI*: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- d. *LED*: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.
- e. Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:
- f. *I2C*: A4 (*SDA*) dan A5 (*SCL*). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Wire.
- i. *Aref*. Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference* ().
- g. *Reset*. Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

#### 6.5.4 Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *SoftwareSerial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno's. ATmega328 juga mendukung I2C

(TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan *Kawat* untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C.

### 6.6 *Sensor Hall effect*

*Sensor hall effect* yang digunakan pada perancangan alat ini terpasang menjadi satu pada *Gas Engine*, bekerja sebagai pengolah sinyal yang dihasilkan dari magnet/reluktor yang berputar. Sinyal kemudian diolah oleh CDI menghasilkan keluaran berupa sinyal digital, kemudian diolah kembali oleh rangkaian *Frequency to Voltage* untuk menghasilkan keluaran berupa sinyal analog.



**Gambar 6.6.1** *Sensor Hall effect* pada *Gas Engine*

### 6.7 *CDI (Capacitor Discharge Ignition)*

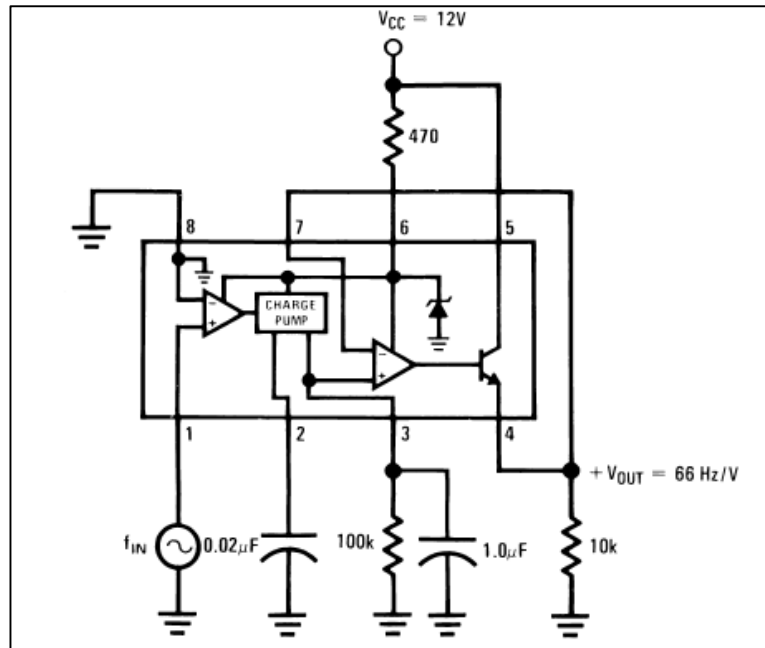
CDI atau *Capacitor Discharge Ignition* disini digunakan untuk membantu sistem pengapian pada proses pembakaran dalam, sehingga semakin maksimal pengapian maka busi juga akan memantik campuran gas dalam ruang bakar secara maksimal juga. Bekerja pada tegangan 4,8 – 6 V. Disamping itu CDI juga berfungsi sebagai pengolah sinyal yang dihasilkan dari sensor *hall effect*.



**Gambar 6.7.1** *Capacitor Discharge Ignition (CDI)*

## 6.8 Rangkaian *Frequency to Voltage*

Rangkaian *Frequency to Voltage* digunakan untuk mengubah sinyal digital dari keluaran sensor *hall effect* yang diproses oleh CDI menjadi sinyal analog agar dapat dimasukkan pada board Arduino Uno. Rangkaian ini menggunakan *integrated circuit* (IC) LM2917 yang memiliki tegangan kerja +12 volt DC hingga +24 volt DC. Skema rangkainnya dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 6.8.1** Skematik Rangkaian *Frequency to Voltage*  
Sumber: *Datasheet LM2917*

Berdasarkan pada *datasheet* dengan rangkaian seperti pada gambar 4.4, maka tegangan keluaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V_{out} = \frac{f_{in}}{66} \dots \dots \dots (4-1)$$

Atau secara umum perhitungan yang digunakan pada rangkaian yang menggunakan IC LM2907/2917 dapat dijelaskan pada persamaan berikut.

$$V_{out} = f_{in} \times V_{cc} \times R_1 \times C_1 \dots \dots \dots (4-2)$$

dimana :

$f_{in}$  = Frekuensi sinyal input (Hz)

$V_{cc}$  = Tegangan sumber yang digunakan (volt)

$R_1$  = Resistor pada pin 3 IC LM2917 (Ohm)

$C_1$  = Kapasitor pada pin 2 IC LM2917 (Farad)

## VII. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu merancang dan membuat suatu kontroler *gas engine* yang menitik beratkan pada



kecepatan putaran dengan menggunakan Kontrol Logika Fuzzy. Tujuannya agar dapat menampilkan performansi sistem sesuai dengan yang diinginkan.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi alat
2. Studi literatur
3. Perancangan dan pembuatan alat
4. Pengujian alat
5. Pengambilan kesimpulan

## **7.1 Spesifikasi Alat**

Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

1. *Gas Engine* yang digunakan adalah *Gas Engine* tipe *2-stroke airplane engine* dengan kapasitas *displacement* 9 cc dilengkapi dengan *CDI ignition*.
2. Arduino Uno sebagai pusat kendali.
3. Sensor yang digunakan ialah sensor *hall effect* beserta rangkaian *frequency to voltage*.
4. Kontroler yang digunakan ialah kontroler Logika Fuzzy
5. Motor *servo*
6. Windtunnel/ terowongan angin dengan diameter 32 cm, panjang 70 cm sebagai alat penguji sistem
7. Pemrograman software program Arduino ERW 1.0.5.

## **7.2 Studi Literatur**

Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi alat meliputi:

1. *Gas Engine* dan motor bakar
2. Motor *Servo*
3. Sensor *Hall Effect*
4. *Frequency to Voltage converter*
5. Kontroler Logika Fuzzy
6. Arduino Uno dan Software Arduino ERW 1.0.5

## **7.3 Perancangan dan Pembuatan Alat**

### **7.2.1 Perancangan Perangkat Keras dan Pembuatan Alat**

- a. Pembuatan diagram blok
- b. Penentuan dan Perhitungan komponen yang akan digunakan dalam perancangan alat
- c. Merakit perangkat keras (*hardware*) untuk masing-masing blok.

### 7.2.2 Perancangan dan Perhitungan Komponen yang akan Digunakan

Setelah merancang perangkat keras, maka langkah selanjutnya adalah merancang perangkat lunak guna mengendalikan dan mengatur kerja daripada alat. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan pada Arduino Uno dengan menggunakan *software* Arduino ERW 1.0.5.

### 7.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan setelah mengetahui karakteristik Gas Engine, setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan algoritma kontroler dengan Kontroler Logika Fuzzy. Setelah didapatkan algoritma, kemudian dibuat program untuk mikrokontroler dengan *software* program arduino. Perancangan dimulai dari pembuatan *flowchart*, kemudian penulisan *listing code*.

## 7.3 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terealisasi sesuai dengan diagram blok yang telah dirancang dan perangkat lunak pendukung sistem sudah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujiannya adalah sebagai berikut :

#### 1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan cara mensimulasikan rangkaian sensor dan hasil pemodelan rangkaian sensor. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor dan hasil pemodelan sensor dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan memberikan analisis terhadap hasil pengujian. Terdapat rangkaian sensor utama yang akan diuji, yaitu sensor *hall effect* sebagai pengukur kecepatan putaran *Gas Engine* pada *RC Airplane*.

#### 2. Pengujian Sinyal Kontrol Motor *Servo*

Pengujian sinyal kontrol motor *servo* ini bertujuan untuk melihat bagaimana bentuk sinyal saat berada pada posisi sudut yang telah ditentukan untuk menggerakkan *throttle* serta melihat tegangan yang dikeluarkan untuk setiap perubahan sudut motor *servo*.

#### 3. Pengujian Motor *Servo* terhadap *Gas Engine*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan pergerakan motor *servo* terhadap kecepatan putaran pada *Gas Engine*, sehingga kita dapat menentukan besarnya perubahan kecepatan putaran tiap perubahan derajatnya

#### 4. Pengujian tanpa Kontroler

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respons terhadap setpoint ketika tanpa kontroler.

No	Kegiatan	Bulan I Pekan ke-					Bulan II Pekan ke-					Bulan III Pekan ke-					Bulan IV Pekan ke-					Bulan V Pekan ke-					Bulan VI Pekan ke-							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1.	Seminar proposal																																	
2.	Studi Literatur																																	
3.	Perancangan alat																																	
4.	Pengujian dan analisis																																	
5.	Penyusunan Laporan																																	
6.	Seminar hasil																																	

## DAFTAR PUSTAKA

- Am, R. 2011. Pengaturan Posisi Motor Servo DC Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Tugas Akhir Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*.
- Atmel Corporation. 2019. *ATMEGA 328 Series*.
- Gunterus, Frans. 1994. *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Krisnanda, Ferditya. 2014. *Pengendalian Kecepatan Putaran Gas Engine Pada RC Airplane Menggunakan Kontroller Proporsional Integral Derferensial (PID) Berbasis Mikrokontroller Atmega 328*. Malang: Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mazda, Fraidoon. 1997. *Power Electronics Handbook 3rd Edition*. Oxford: Newnes.
- Mehrtens, August Christian, B. 1879. *Gas Engine Theory and Design*. New York: Wiley
- Smith, L. C. 1979. *Fundamentals of control theory*. Deskbook issue.
- Jantzen, J. 2001. *A robustness study of fuzzy control rules*, in EUFIT (ed.), *Proceedings Fifth European Congres of fuzzy and technologies*, ELITE Foundation, Promenade 9, D-52076 Aachen, pp. 1222–1227